

разработанных моделей необходимо провести серию дополнительных испытаний ГТУ. Стоит подчеркнуть, что, исходя из уже имеющихся данных, можно с достаточной точностью осуществлять оценку проведенного ремонта газотурбинных установок на основании сравнения относительных эффективных мощности и КПД ГТУ до и после ремонта.

Реализация предложенной методики ГТУ позволит своевременно осуществлять мероприятия по обслуживанию и ремонту основных элементов установки. Правильное определение приоритета загрузки, а также вывода того или иного оборудования в ремонт имеет определяющее значение для повышения энергетической эффективности газотранспортного производства.

Список использованных источников

1. Ольховский Г. Г. Тепловые испытания стационарных газотурбинных установок / Г. Г. Ольховский. М. : Энергия, 1971. 408 с.
2. Галиуллин З. Т. Современные газотранспортные системы и технологии / З. Т. Галиуллин, С. Ю. Сальников, В. А. Щуровский; под ред. В. А. Щуровского. М. : Газпром ВНИИГАЗ, 2014. 346 с.
3. Komarov O. V. Parametrical diagnostics of gas turbine performance on side at gas pumping plants based on standard measurements / O. V. Komarov, V. L. Blinov, V. A. Sedunin, A. V. Skorokhodov // ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition, GT 2014; Dusseldorf, Germany; 16 June 2014 through 20 June 2014. Vol. 3B. 2014. GT2014-25392. P. 1-8.

УДК 624.9

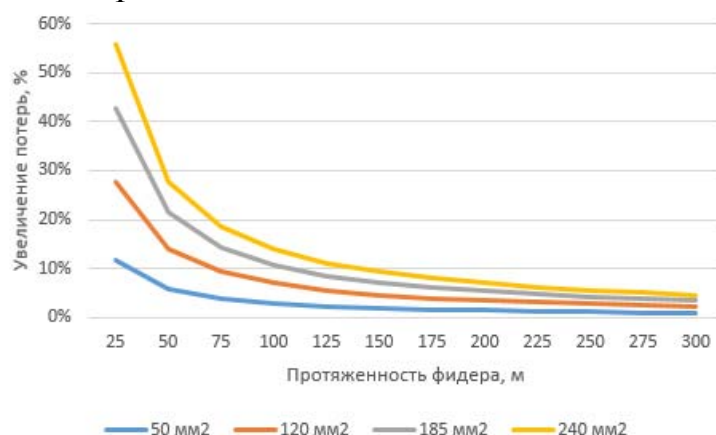
Сысоев С. В., Хомяков Р. А., Чернышова Б. А., Шелюг С. Н.
Уральский федеральный университет
mrak545@mail.ru

ВЛИЯНИЕ УЧЁТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ НА ОЦЕНКУ ВЕЛИЧИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 кВ

Аннотация. Как известно одним из показателей, характеризующих энергоэффективность электрических сетей, является величина потерь мощности и электрической энергии. В представленной работе проанализировано влияние дополнительных сопротивлений, обусловленных коммутационными аппаратами, измерительными трансформаторами и контактными соединениями, на результаты расчёта потерь мощности и энергии в сетях напряжением 0,4 кВ. Предложена методика повышения точности расчета технологических потерь электроэнергии и оценки вклада дополнительных коммутационных, измерительных и соединительных элементов в их величину. Применение метода позволит точнее разработать мероприятия по повышению эффективности передачи и распределения электрической энергии в сети 0,4 кВ.

Согласно [1], при расчёте величины технологических потерь электроэнергии (ТПЭ) в электрических сетях 0,4 кВ не учитываются сопротивления коммутационных аппаратов, трансформаторов тока и соединительных элементов. Известно, что эти элементы обладают отличным от нуля активным сопротивлением, которое учитывается в расчете токов короткого замыкания [2].

Как ранее нами отмечалось в [3], эффект от данного сопротивления, очевидно, будет зависеть от сечения кабельной линии S [мм²], её длины l [м] и токовой загрузки $I_{\text{нагр}}$ [% от длительно допустимого тока по сечению]. На рисунке представлены зависимости увеличения потерь электроэнергии в кабельной линии при увеличении ее протяженности.



Увеличение потерь электроэнергии в кабельной линии при учете дополнительного сопротивления в %

Анализ зависимостей, показанных на рисунке, позволяет сделать заключение, что в кабельных линиях протяженностью до 150 метров и сечением более 150 мм² величина дополнительных потерь электроэнергии превышает 10 %. При увеличении сечения и сокращении протяженности величина дополнительных потерь может увеличиться до 20-30 %.

Исследования, проведенные в центральных районах г. Екатеринбурга, показали, что среднее сечение кабельных линий, отходящих фидеров 0,4 кВ, превышает 180 мм², а средняя их протяженность находится в диапазоне от 100 до 120 метров.

В [3] было предложено приближённо учитывать дополнительные сопротивления путем умножения сопротивления кабельной линии на поправочный коэффициент, получаемый через математическое ожидание соотношения R_k (сопротивление кабельной линии) и R_d (сопротивление дополнительных элементов). Для определения выше обозначенной величины в рамках данной работы были исследованы часть схем электрических соединений сетей 0,4 кВ ряда городов Свердловской области включая город Екатеринбург.

Для каждого исследуемого фидера вычислялся поправочный коэффициент, который учитывает дополнительные сопротивления и вычисляется следующим образом:

$$K_{\text{ув.}} = \frac{R_{\Sigma}}{R_{\text{каб.лин.}}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{каб.лин.}}$ — сопротивление кабельной линии, мОм;

R_{Σ} – суммарное сопротивление кабельной линии и дополнительных элементов.

Затем для всего диапазона полученных величин $K_{ув.}$ было рассчитано математическое ожидание и дисперсия. Математическое ожидание величины составило 1,12, а дисперсия – 0,00125. Принимаем поправочный коэффициент равный 1,12.

Для того чтобы проверить эффективность предложенного метода был взят фидер, не представленный в выборке, и был проведён расчёт при следующих условиях: параметры первого фидера $l = 100$ м, алюминий сечением $S = 95$ мм² ($r_{каб.0} = 0,74$ Ом/км).

$$\begin{aligned} R_{доб.} &= (R_{бол.} + R_{кон.} + R_{пред.1} + R_{бол.}) + 2 * R_{муф.} + (R_{бол.} + R_{кон.} + R_{пред.2} + R_{бол.}) \\ &= (0,42 + 0,2 + 0,0026 + 0,42) + 2 * 0,1 + (0,42 + 0,2 + 0,00195 + 0,42) \\ &= 2,285 \text{ мОм}; \end{aligned}$$

$$R_{каб} = r_{каб.0} * l = 0,19 * 0,1 = 0,019 \text{ Ом};$$

$$R_{\Sigma} = r_{каб.0} * l + R_{доб.} = 0,019 + 0,002285 = 0,021285 \text{ Ом};$$

$$R_{прибл.} = R_{каб} * K_{ув.} = 0,0296 * 1,12 = 0,02128 \text{ Ом};$$

Относительная погрешность метода составила:

$$\Delta R_{\%} = (R_{\Sigma} - R_{прибл.}) * \frac{1}{R_{\Sigma}} * 100\% = (0,021285 - 0,02128) * \frac{1}{0,021285} * 100\% = -0,2\%.$$

Были проведены аналогичные расчёты для фидеров с различными параметрами кабельной линии. При применении данного метода на линиях длиной от 40 до 200 метров погрешность метода не превысила 5 %.

Таким образом, может быть рекомендован метод учёта дополнительных сопротивлений, обусловленных коммутационными аппаратами, измерительными трансформаторами и контактными соединениями, при расчёте величины потерь мощности и энергии в сетях напряжением 0,4 кВ с погрешностью не превышающей 5 %, который позволяет точнее рассчитать нагрузочные потери электроэнергии в кабельной сети 0,4 кВ и, как следствие, повысить эффективность разрабатываемых мероприятий по снижению потерь при передаче и распределении электрической энергии.

В настоящее время проводятся исследования по оценке влияния дополнительных потерь электроэнергии в сетях 0,4 кВ, содержащих воздушные и кабельные линии с учетом несимметрии и несинусоидальности протекающих токов.

Список использованных источников

1. Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям (с изм. на 1 февраля 2010 года): Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326.
2. ГОСТ 28249-93 (2003) Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
3. Учет дополнительных элементов при расчёте потерь мощности / Р. А. Хомяков, Б. А. Чернышова, С. Н. Шелюг // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии (ЭКСИЭ-04): сб. докл. 4-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках выстав. «Энерго-сбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение» (Екатеринбург, 26-28 мая 2015 г.) / науч. ред. Ф. Н. Сарапулов. Екатеринбург : Изд-во УМЦ УПИ, 2015. С. 98-101.